

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 63-194207

(43)Date of publication of application : 11.08.1988

(51)Int.Cl.

G02B 6/16

(21)Application number : 62-026462

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP <NTT>

(22)Date of filing : 09.02.1987

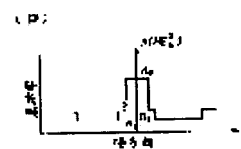
(72)Inventor : TAJIMA KATSUSUKE
SASAKI YUTAKA

(54) OPTICAL FIBER FOR ABSOLUTELY SINGLE POLARIZED WAVE

(57)Abstract:

PURPOSE: To enlarge a double refraction in a core, and to obtain a practical optical fiber whose loss is low, by allowing a core material itself to have an anisotropy, and providing a stress giving part opposingly on both sides of the core material.

CONSTITUTION: The titled optical fiber is constituted of a core 1 consisting of a refractive index anisotropic medium, a clad 2 consisting of an isotropic medium for surrounding the core, and a stress giving part 4 provided opposingly on both sides of the core in a clad, and as for two fundamental modes peculiar to the core 1, the polarized wave directions are made orthogonal to each other, and one and the other become a propagation mode and a radiation mode, respectively. That is, the stress giving part 4 is placed in the direction for emphasizing the double refraction in the core, so as to form a relation of $n_e < n_z < n_o$ to a refractive index n_z , when a refractive index of a double refraction core 5 is denoted as n_o and n_e with respect to an electric field in the (x) direction and an electric field in the (y) direction, respectively. Accordingly, in an HE_{11x} mode, a propagation can be executed, but the HE_{11x} mode becomes a radiation mode, and the propagation becomes impossible, therefore, an absolute single state for propagating only one polarized wave becomes possible. In such a way, an absolutely single polarized wave optical fiber of a low loss is obtained.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑪ 公開特許公報(A)

昭63-194207

⑫ Int. Cl.

識別記号

庁内整理番号

⑬ 公開 昭和63年(1988)8月11日

G 02 B 6/16

3 1 1

7370-2H

審査請求 未請求 発明の数 1 (全6頁)

⑭ 発明の名称 絶対単一偏波光ファイバ

⑮ 特 願 昭62-26462

⑯ 出 願 昭62(1987)2月9日

⑰ 発 明 者 田 嶋 克 介 茨城県那珂郡東海村大字白方字白根162番地 日本電信電話株式会社茨城電気通信研究所内

⑱ 発 明 者 佐 々 木 豊 茨城県那珂郡東海村大字白方字白根162番地 日本電信電話株式会社茨城電気通信研究所内

⑲ 出 願 人 日本電信電話株式会社 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号

⑳ 代 理 人 弁理士 杉村 曉秀 外1名

明 細 書

1. 発明の名称 絶対単一偏波光ファイバ

2. 特許請求の範囲

1. 屈折率異方性媒質からなるコアと、該コアを囲む等方性媒質からなるクラッドと、該クラッド内に前記コアの両側に相対して設けた応力付与部とにより構成され、前記コアに固有の二つの基本モードは偏波方向が互いに直交しており、一方は伝搬モード、他方は放射モードとなることを特徴とする絶対単一偏波光ファイバ。

3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は光ファイバ通信、計測等に用いる絶対単一偏波光ファイバに関するものである。

(従来の技術)

直交する二つの偏波のうちの一方のみを伝搬することができる絶対単一偏波光ファイバは、コヒーレント通信において欠くことのできないものであり、計測用としても注目されている。しかし、

これまで絶対単一偏波状態を実現したものはほとんどない。2偏波光ファイバとしては、これまでに①サイド・ピット形、②応力付与形、③楕円コア形等が提案されている。

はじめに、これらの従来例について説明する。

第6図(イ)はサイド・ピット形光ファイバの断面図であり、1は屈折率 n_1 のコア、2は屈折率 n_2 のクラッド、3は屈折率 n_3 のサイド・ピットである。屈折率 n_1 、 n_2 、 n_3 の間に $n_1 > n_2 > n_3$ の関係があると、第6図中に示したx軸方向とy軸方向の非対称性により、基本モードである HE_{11}^x モードと HE_{11}^y モードとの伝搬定数に差を生じ、この差が十分大きい場合は、偏波保持光ファイバとなる。

第6図(ロ)は応力付与形光ファイバの断面図であり、4はコア1およびクラッド2とは線膨張係数が大きく異なる応力付与部である。応力付与部4により、x方向とy方向の応力分布が、コア内で大きく異なり、光弾性効果により屈折率異方性を生ずる。その結果、二つの基本モード間に伝

特開昭63-194207(2)

固定数差を生じ、偏波が保持される。

第6図(ハ)は楕円コア光ファイバの断面図である。コアの形状が真円ではなく楕円であることから、二つの基本モードの縮退が解けて両偏波が保持される。

絶対単一偏波光ファイバは二つの偏波のうち、一つを遮断状態にすることにより実現できる。この方法として、(1)サイド・トンネル形、(2)構造異方性コア形等が提案されている。次にこれらについて簡単に述べる。

サイド・トンネル形は第6図(イ)のサイド・ビット部を中空にし、コア部との屈折率差を大きくすることを特徴とする。しかしこれでは、屈折率差を大きくとれず、製造時の光ファイバ長手方向の線径ゆらぎが大きくなり、伝送損失の増加、クロストーク特性の劣化をまねく。

第7図(イ)は構造異方性コアを用いた絶対単一偏波光ファイバの断面図であって、5は複屈折材料からなるコア、2は等方性媒質からなるクラッドである。第7図(ロ)、(ハ)は二つの基本

モードに対する屈折率分布を示す。複屈折性コア5の屈折率 n は、 x 方向の電界に対しては n_x 、 y 方向の電界に対しては n_y となるものである。コア半径を a 、波数を k 、クラッドの屈折率を n_c とすれば、 $HE_{11}^{(x)}$ 、 $HE_{11}^{(y)}$ モードに対する規格化周波数 V_x 、 V_y は、

$$V_x = k n_c a \sqrt{2(n_x/n_c - 1)} \quad (1)$$

$$V_y = k n_c a \sqrt{2(n_y/n_c - 1)} \quad (2)$$

と表される。はじめに、 $n_x < n_c < n_y$ の場合について考える。 $HE_{11}^{(x)}$ モードと $HE_{11}^{(y)}$ モードの伝搬定数をそれぞれ β_x 、 β_y とすると、これらの β の V 値依存性はきわめて大きい。第8図は規格化伝搬定数 $\beta/k(n - n_c)$ を V 値に対して示したものである。

例えば $(n_y - n_c) = 1.44 \times (n_x - n_c)$ とすれば、式(1)、(2)より $V_x = 1.2 V_y$ となる。 x 方向の V 値 V_x を2.0とすれば、 x 方向の規格化伝搬定数 $\beta_x/k(n - n_c)$ は第8図より0.4となる。 y 方向の V 値 V_y は1.67となるの

で、第8図より y 方向の規格化伝搬定数 $\beta_y/k(n - n_c)$ は0.3となる。従って $(\beta_x - \beta_y)/k = 0.192(n - n_c)$ が得られる。実際の単一モード光ファイバでは $n_y - n_c = 4 \times 10^{-3}$ 程度であるので、 $(\beta_x - \beta_y)/k = 7.7 \times 10^{-4}$ となる。この値は応力付与形の偏波保持光ファイバの実測値 5×10^{-4} と同程度である。

またベル研究所で開発された単一偏波光ファイバは、楕円形の中間層でコアを囲むものであり、製造が難しく、損失の低下も望めない。

以上説明した従来例では、複屈折値がきわめて小さい値であるので、絶対単一偏波光ファイバを実現することは困難であった。

(発明が解決しようとする問題点)

本発明は、コアの両側に応力付与部を配置し、コア内での複屈折を大きくした、低損失で実用的な絶対単一偏波光ファイバを提供することにある。(問題点を解決するための手段)

本発明は、コア材料そのものに異方性をもたせ、コア材料の両側に相対して応力付与部を設けるこ

とにより、コア内での屈折率異方性をさらに大きくする。

すなわち本発明は、屈折率異方性媒質からなるコアと、該コアを囲む等方性媒質からなるクラッドと、該クラッド内に前記コアの両側に相対して設けた応力付与部とにより構成し、前記コアに固有の二つの基本モードは偏波方向を互いに直交させ、一方は伝搬モード、他方は放射モードとする。(実施例)

第1図は、本発明の一実施例の構造を示し、(イ)は断面図であって、5は複屈折材料からなるコア、2は等方性媒質からなるクラッド、4は応力付与部である。第1図(ロ)、(ハ)は二つの基本モード $HE_{11}^{(x)}$ 、 $HE_{11}^{(y)}$ モードに対する屈折率分布を示す。コア内の複屈折を強調する方向に応力付与部を配置し、複屈折コア5の屈折率が x 方向の電界に対しては n_x 、 y 方向の電界に対しては n_y としたとき、クラッドの屈折率 n_c との間に $n_c < n_x < n_y$ なる関係が成立するようになれば、 $HE_{11}^{(x)}$ モードは伝搬可能であるが

特開昭63-194207(3)

、 HE_{11} モードは放射モードとなり、伝搬不能になるもので、一方の偏波のみを伝搬する絶対単一状態が実現できる。

次に、このような複屈折率コアの実現方法について述べる。

第2図は複屈折率コア用母材の構造を示す斜視図であって、複屈折率コア5は板状の屈折率 n_1 の高屈折率材料6と、板状の屈折率 n_2 の低屈折率材料7を交互に並べることにより構成されている。このような母材を紡糸することにより、高屈折率材料6、低屈折率材料7の厚さがファイバ状態で波長程度以下になると複屈折性を示す。

すなわち第3図に示すように、厚さが t_1 、 t_2 、誘電率が ϵ_1 、 ϵ_2 の板状媒質が交互に周期的に配置され、 $t_1 \ll \lambda$ 、 $t_2 \ll \lambda$ (λ は波長)の場合には、平均誘電率 ϵ_x 、 ϵ_y は次のようになる。

$$\epsilon_x = (t_1 \epsilon_1 + t_2 \epsilon_2) / (t_1 + t_2) \quad (3)$$

$$\epsilon_y = (t_1 + t_2) \epsilon_1 \epsilon_2 / (t_1 \epsilon_2 + t_2 \epsilon_1) \quad (4)$$

従って、x方向とy方向で誘電率の異方性を生

じ、その値は、

$$\epsilon_x - \epsilon_y = \frac{t_1 t_2 (\epsilon_1 - \epsilon_2)^2}{(t_1 \epsilon_2 + t_2 \epsilon_1) (t_1 + t_2)} \geq 0 \quad (5)$$

となる。今の場合、 $\epsilon_1 = (n_1)^2$ 、 $\epsilon_2 = (n_2)^2$ 、 $\epsilon_x = (n_x)^2$ 、 $\epsilon_y = (n_y)^2$ であるから、例えば

$$t_1 = t_2 \quad (6)$$

$$n_1 = 1.04 n_2, \quad n_2 = 1.0026 n_2 \quad (7)$$

とすることにより、前述のモード間伝達数差 $(B_x - B_y) / k = 7.7 \times 10^{-4}$ がほぼ実現できる。式(7)の条件はG。およびPをドーパ材とする石英系ファイバ製作技術により実現が可能である。

第4図はこのようにして作製されたコア母材に、外付けVAD法によりSiO₂ガラス層を付着、透明化して、直径50 μ mになるようにしてコア母材を作製し、その中心に対称に応力付与母材4a、4bを挿入する孔4'a、4'bを超音波ドリル

で孔開けし、研磨して、応力付与母材4a、4bを孔4'a、4'bに挿入する様子を示す。応力付与母材はSiO₂ガラスにB₂O₃が10~20mol%程度ドーパされたものであり、MCVD法またはVAD法で作製できる。応力付与母材4a、4bをコア母材に装着した後、2000 $^{\circ}$ C程度の温度で線引きを行うことにより、絶対単一偏波光ファイバが得られる。

第5図は応力付与部径 t とクラッド半径 b の比 t/b と、応力により誘起された複屈折の値の関係を示す。第5図から明らかのように、波長 $\lambda = 1.56 \mu$ m、コアとクラッドの比屈折率差 $\Delta = 0.34\%$ 、クラッド径200 μ m、コア径89 μ m、屈折率 n_2 の応力付与部のポロンドープ量 $p_{1,2} = 1.5 \text{ mol\%}$ のとき、 $t/b = 0.8$ 、 $r/a = 3.0$ とすれば、 4×10^{-4} 程度の複屈折が得られるので、コアとして前述の構造異方性コアを用いれば、 1.17×10^{-3} 程度の高複屈折が実現できる。また損失についても、コア母材、応力付与母材の製造技術、および孔開け技術が進歩した現在では、

応力付与部を設けることによる損失の増加は非常に小さい。

(発明の効果)

以上説明したように、本発明の構造異方性コアを用いた応力付与部を有する絶対単一偏波光ファイバは、偏波面が直交する二つの基本モードの伝達数間に、大きな差を与えることができ、低損失絶対単一偏波光ファイバが実現できる。

4. 図面の簡単な説明

第1図(イ)は本発明の一実施例の構造を示す断面図、

第1図(ロ)、(ハ)はそれぞれ HE_{11} モード、 HE_{11} モードに対する屈折率分布図、

第2図は複屈折率コア用母材の構造を示す斜視図、

第3図は構造複屈折の原理説明図、

第4図は本発明の絶対単一偏波光ファイバの作製法の説明図、

第5図はモード複屈折率Bと規格化応力付与部径 t/b の関係を表わす図、

第6図(イ)、(ロ)、(ハ)は従来の偏波保

特開昭63-194207 (4)

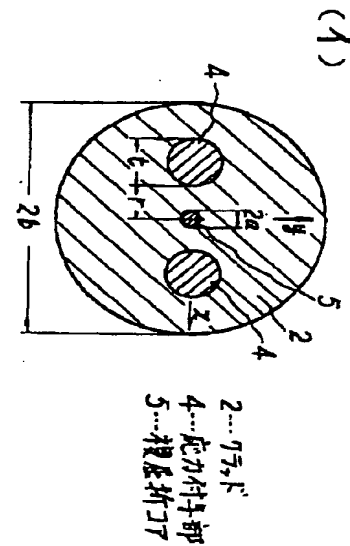
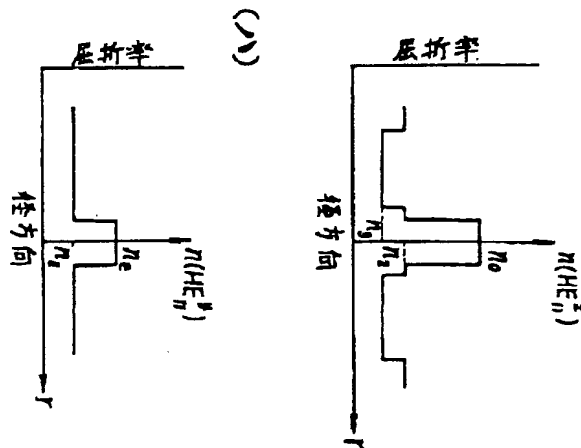
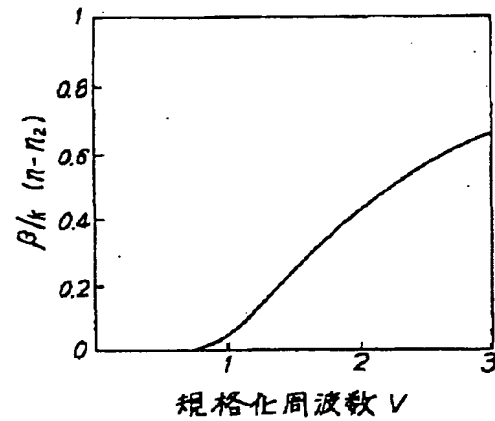
持光ファイバの断面図、

第7図(イ)は構造異方性コアを持つ偏波保持光ファイバの断面図、

第7図(ロ)、(ハ)はそれぞれ HE_{11} モード、 HE_{11} モードに対する屈折率分布図、第8図は規格伝定数 $\beta/k(n-n_2)$ を規格化周波数 V 値に対して示した図である、

- 1...コア 2...クラッド
 3...サイド・ビット 4...応力付与部
 4 a, 4 b...応力付与母材
 4' a, 4' b...孔 5...複屈折コア
 6...高屈折率材料 7...低屈折率材料

第8図



第1図

特開昭63-194207 (5)

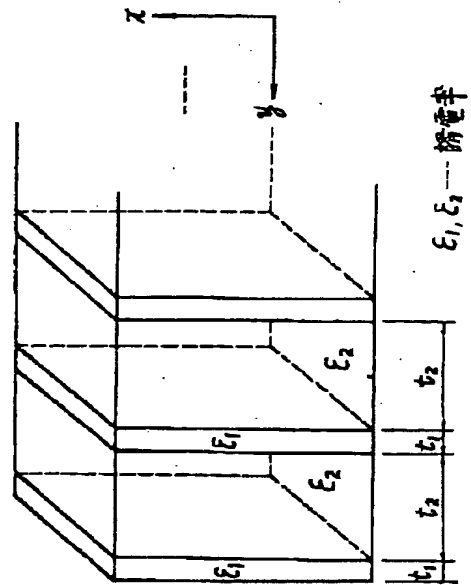
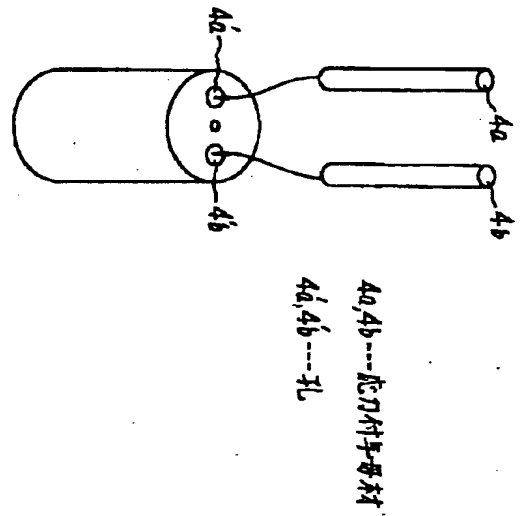


図 3 第 3 図



第 4 図

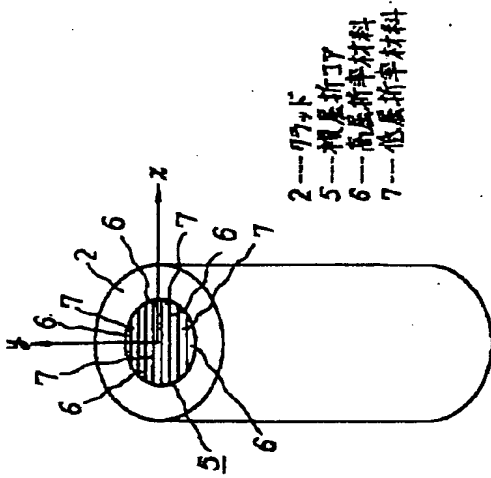
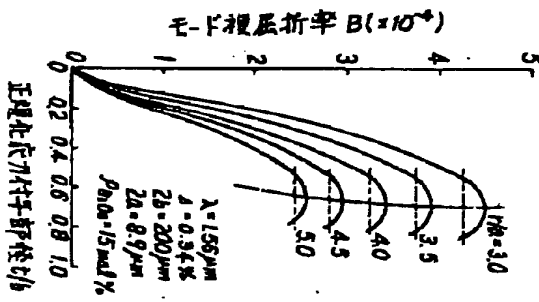


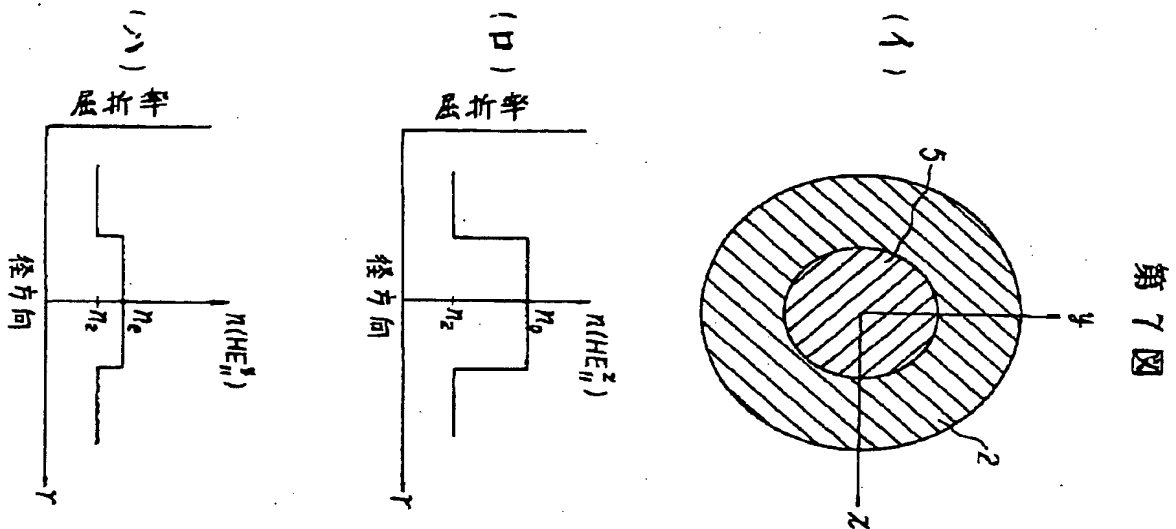
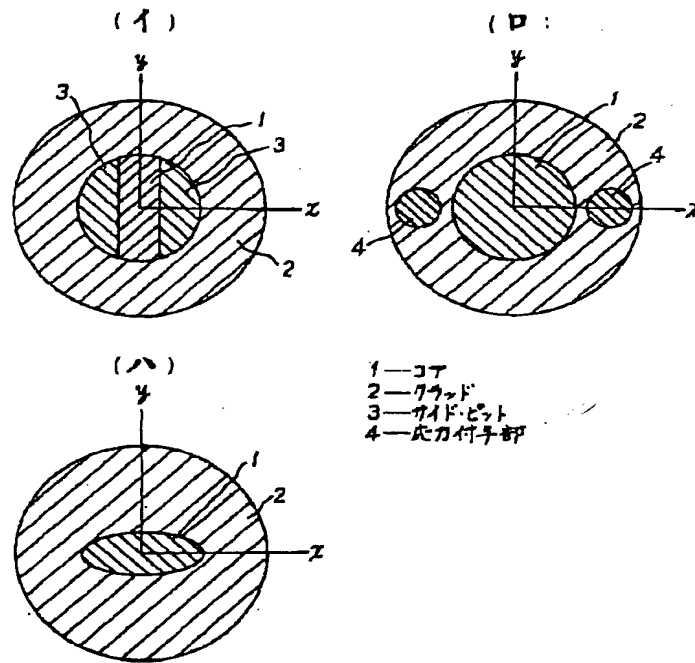
図 2 第 2 図



第 5 図

特開昭 63-194207 (6)

第 6 図



第 7 図